

立体視映像に連動して遠近合焦像を提示する デバイスの試作と基本検証

力丸真衣¹ 内田裕真² 山北彩未¹ 川村直史³ 前原秀明³

概要: 前段の研究成果として、VR headset により提示する VR アプリが視力に与える影響について予備的な検証結果を報告した。人間が立体物を知覚する際には、「輻輳」と「調節」という2つの視覚機能が働いている。しかし、現状の VR headset には、調節機能が働く仕組みが実装されていない。この調節機能を VR headset に加え、立体視映像に連動して遠近合焦像を提示することで、より実体視に近い目の働きを再現でき、VR 酔いの低減効果も期待できる。そこで、提示映像の合焦位置をレンズの組み合わせにより映像内容と連動させる装置を試作した。これを用いて、毛様筋のリラクゼーションを目的とした実験を行った結果、短期的な視力の回復効果が認められた。

キーワード: 仮想現実, VR ヘッドセット, 視力矯正

Prototyping and Fundamental Evaluation of a Device that Presents Different Focal Images Linked to Stereoscopic Videos

MAI RIKIMARU^{†1} YUMA UCHIDA^{†2} AYAMI YAMAKITA^{†1}
NAOFUMI KAWAMURA^{†3} HIDEAKI MAEHARA^{†3}

Abstract: Previously, we reported preliminary findings on the effects of VR applications presented through VR headsets on vision. When humans perceive three-dimensional objects, two visual mechanisms, “convergence” and “accommodation,” are involved. However, current VR headsets do not enable the accommodation function. By adding this function to a VR headset and presenting images focused at different distances linked to stereoscopic videos, it is possible to reproduce eye movements more similar to reality, which is also expected to reduce VR sickness. We prototyped a device using a combination of lenses. Experiments using this device showed short-term improvements in vision.

Keywords: Virtual Reality, VR Headset, Vision Correction

1. はじめに

近年、若者の視力低下が問題視されている。一方で、近年活躍の場を広げている技術が VR (Virtual Reality) である。VR は「仮想現実」と訳され、コンピューターによって創り出された仮想的な空間を現実であるかのように疑似体験できるものであり、ゲーム業界をはじめ医療・教育・広告・建築・不動産・観光・エンタメ・スポーツなど多様な事業で活用されている。こうした中、9歳から12歳の少年少女を対象に VR 機器の使用による目に対する影響を調べたところ、一部で視力の回復がみられた[1]。これらの事例から前回の研究では、VR が成人の視力にも良い影響を与える可能性に着目し、視力回復を目的とする VR アプリの制作を試行した[2]。制作したアプリを用いた実験の結果、被験者8人中3人において視力の回復が確認された。また、河盛ら(2025)も VR ゲームの使用による視力回復に取り組んでおり、「遠近体操法」「遠方凝視法」「両眼立体視」の3

つの要素を取り入れた VR ゲームを開発している。開発したゲームを用いた実験の結果、有意な視力回復効果が確認されている[3]。しかし、河盛らの実験や、前回の我々の実験においても使用した、現状の VR Headset には、後に説明する目の「輻輳機能」に対応する仕組みは実装されていないものの、ディスプレイから目までの距離が常に一定であるため、目の「調節機能」が働く仕組みが実装されていない[4]。このように2つの機能において矛盾が生じている状態が、いわゆる VR 酔いと呼ばれる症状を引き起こしていると考えられている。そこで、この調節機能を VR Headset に加えることで、より現実に近い目の働きを再現でき、毛様筋のリラクゼーションに繋がることで、視覚への効果がさらに高まると考えた。今回はその点に着目し、提示映像の合焦位置をレンズの組み合わせにより映像内容と連動させる装置を試作することとし、その基本的な検証結果について報告する。

1 福岡工業大学大学院 工学研究科 システムマネジメント専攻
Systems Management Engineering, Graduate school of Engineering,
Fukuoka Institute of Technology

2 福岡工業大学 学術支援機構 モノづくりセンター
Manufacturing Center, Academic Support Organization,
Fukuoka Institute of Technology

3 福岡工業大学 情報工学部 システムマネジメント学科
Department of System Management, Faculty of information Engineering,
Fukuoka Institute of Technology

2. 奥行きを知覚するための目の機能について

人間が立体物を知覚する際には、「輻輳機能」と「調節機能」という2つの視覚機能が働いている。これらの機能は、普段我々が物を見る際に、無意識に働いているものである。

2.1 輻輳機能

人間には左右合わせて目が2つあり、それぞれの目で見る像は異なる。左右で見ていた2つの像を重ねて1つの像にする際に働くのが、輻輳機能である。左右で離れている目が1つの対象を見るためには、左右それぞれの目を内側へ回転させる必要がある[5]。図1のように対象が近くであればあるほど、内側へ回転する角度が大きくなる。これを輻輳角といい、この角度の大きさを脳は対象物との距離、つまり奥行きを知覚している。

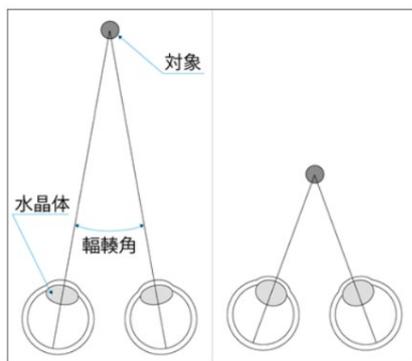


図1 輻輳機能による目の動きの変化 [5]

Figure 1 Changes in eye movement due to convergence

2.2 調節機能

対象物に焦点を合わせようとする際に働くのが、調節機能である。我々が近くを見る際には、目の内部で毛様筋（文献図2より毛様体筋）と呼ばれる筋肉が収縮し、毛様体小帯が緩むことで、水晶体が厚くなる。反対に遠くを見る際は、毛様筋が弛緩し、毛様体小帯が緊張することで、水晶体は薄くなる[6]。この調節機能によって遠近どちらを見る際も、網膜にはっきりピントを結ぶことができる。

水晶体と調節機能

調節による
毛様体と
水晶体の変化

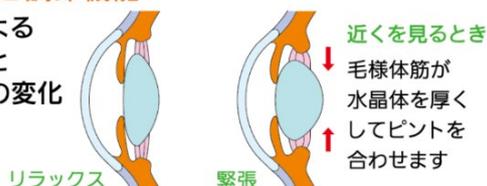


図2 毛様筋と水晶体の変化 [6]

Figure 2 Changes in the ciliary muscle and lens

3. 遠近合焦像を提示するデバイスの試作

3.1 装置の構成

今回試作した装置は、接眼レンズ・像調整用レンズ・ディスプレイ・台座から成っている。レンズは3Dプリンターを用いて製作した枠にそれぞれ取り付け、台座に設置し、ディスプレイはスマートフォンを用いた。また、接眼レンズは凸レンズ、像調整用レンズは凹レンズを使用し、接眼レンズの位置は固定、像調整用レンズは前後に可動とした。

3.2 レンズ可動部の機構

今回の実験を行うにあたり試作した装置の全体を図3(a)に示す。装置は3DCADソフトウェアで設計したモデルを基に、3Dプリンターを用いて製作した。また、ユーザの瞳孔間距離に合わせて調整できるように、レンズの保持部も可変構造とした(図3(b))。

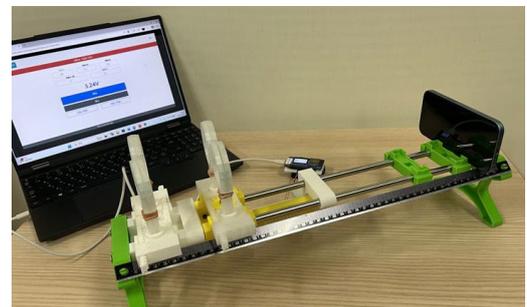


図3(a) 装置全体

Figure 3(a) The entire device

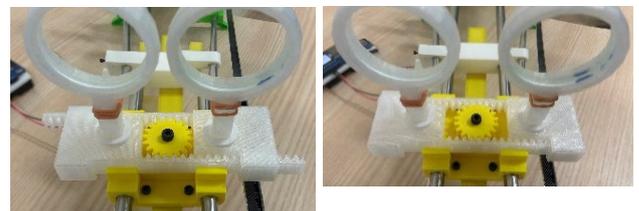


図3(b) 瞳孔間距離の調節

Figure 3(b) Adjustment of interpupillary distance

図3 試作した装置

Figure 3 Prototype device

3.3 調節機能を誘発させる原理

今回試作した装置は、レンズを用いることで目に入る光の焦点距離を変化させている。

図4は装置を横から見て仕組みを図示したものである。左からディスプレイ、像調整用レンズ、接眼レンズ、目となっており、赤い線はディスプレイから出ている光の通り道を表している。図4では、ディスプレイから出た光は2枚のレンズを通過して目の網膜にしっかりピントが合っている。この状態から像調整用レンズを動かすと、光の通り道が変化する。

ディスプレイに近方視を想定した映像を提示している

場合には、図5のように網膜の後方に焦点が形成されるよう像調整用レンズをディスプレイ側へ移動させる。この状態では網膜上に像が結ばれないため、前述した調節機能が働き、毛様筋の収縮により水晶体が厚くなるとうとする。一方、遠方視を想定した映像を提示している場合には、図6のように網膜の前方に焦点が形成されるよう像調整用レンズを接眼レンズ側へ移動させる。この場合も網膜上に像が結ばれないため、調節機能が働き、毛様筋が弛緩し水晶体は薄くなるとうとする。

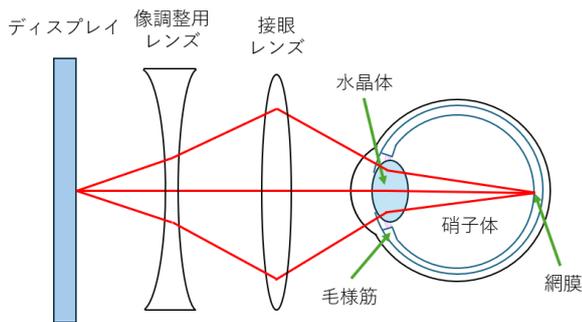


図4 網膜にピントが合っている状態
Figure 4 A state where the retina is in focus

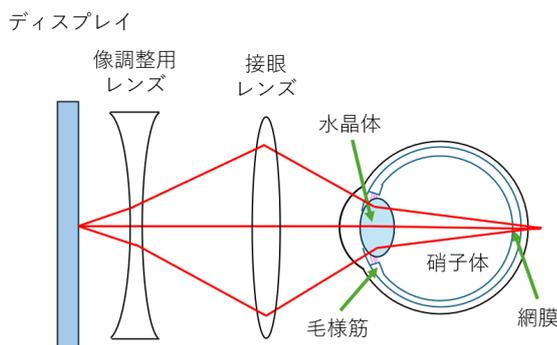


図5 網膜の後方でピントが結ばれている状態
Figure 5 A condition in which the image is focused behind the retina

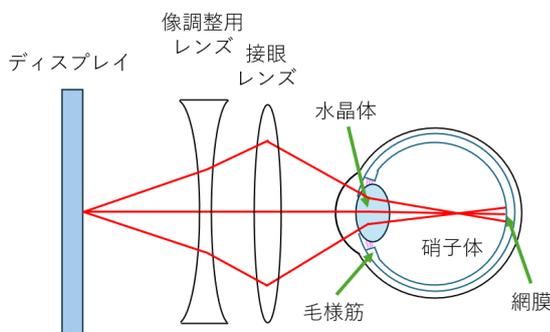


図6 網膜の前方でピントが結ばれている状態
Figure 6 A condition in which the image is focused in front of the retina

4. 実験

実験は、20代男女12人の被験者に対して行った。実験前にはあらかじめ体調に関する事前アンケートを行い、体調に問題が無いことを確認した上で、まず初めに、現在の視力を測るため視力検査を受けてもらう。次に、今回考案したトレーニングを1度受けてもらい、その後再度視力検査を行った。さらにその後、筋肉の超回復にあたる効果の有無を調べるため、目の休憩時間を設け、休憩後に再度視力検査を行った[7]。今回はトレーニング前後および休憩後の三度の視力検査の結果を比較することで、本トレーニングの評価を行う。また、実験後にはアンケートを行い、身体への影響を確認した。アンケートは5段階評価およびあてはまる項目を選択する形式とし、その他感想や改善点などは自由記述欄にて回答してもらう形式とした。

視力検査には視力測定アプリケーションである「Almirun(アイミルン)」(図7)を使用し、遠くを見る力を測る3m視力と、近くを見る力を測る40cm視力を測定した[8]。今回実施したトレーニングでは、試作した装置を用いて映像を2枚のレンズ越しに見てもらった。1分毎に2つの映像を交互に切り替え、それに合わせてレンズの位置を変更することで、目に入る光の焦点距離を変化させ、調節機能を誘発させることを目指した。なお、今回の実験では時間的制約上の事情により片眼用の装置を使用した。トレーニングは右目にて10分を行い、トレーニング後の休憩時間は20分設けた。

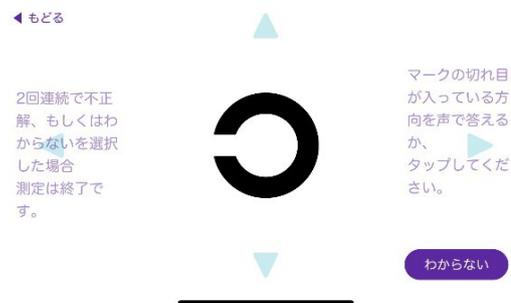


図7 Almirun (アイミルン) での視力検査画面
Figure 7 Vision test screen in the application

5. 実験結果

実験結果は以下の通りである。図8には3m視力の視力検査の結果、図9には40cm視力の視力検査の結果、表1には身体への影響についてのアンケート結果を記載している。

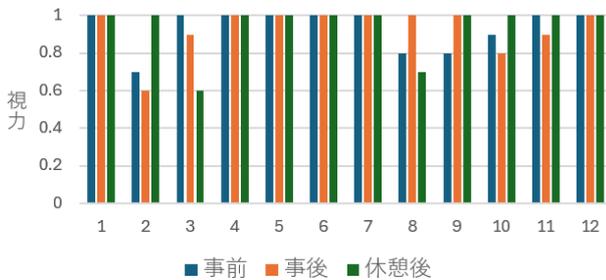


図 8 3m 視力検査の結果

Figure 8 Results of the 3 m vision test

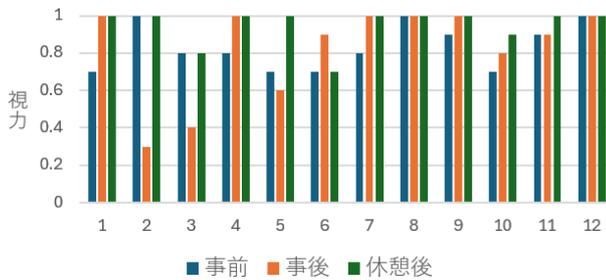


図 9 40cm 視力検査の結果

Figure 9 Results of the 40 cm vision test

表 1 アンケートの結果

Table 1 Survey results

	1人目	2人目	3人目	4人目	5人目	6人目	7人目	8人目	9人目	10人目	11人目	12人目
体験中 不快に 感じたか	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
体験後 視力の変化 を感じたか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×

6. 考察

図 8, 図 9 より, 今回の実験では 12 人の被験者のうち, 3m 視力では 3 人, 40cm 視力では 7 人の視力が実験後に回復していた. 3m 視力にて回復が見られた 3 人のうち 2 人は, トレーニング直後は視力が低下していたものの, 休憩後には回復するという変化が現れていた. 40cm 視力にて回復が見られた 7 人は, トレーニング直後に回復が 4 人, 休憩後に回復が 1 人, トレーニング後と休憩後での段階的な回復が 1 人, トレーニング直後は視力が低下していたものの, 休憩後には回復が 1 人と明確な傾向は見られなかった. これらの結果から, 3m 視力ではトレーニング後の休憩は有効な可能性があるが, 40cm 視力では必ずしも有効ではないと考えられる. また, 3m 視力にて低下が見られたのは 2 人だったが, どちらも強い乱視があるとのことだったため, 強度乱視を持つ場合, レンズを乱視用のものに変更するなどの対策が必要になると考えられる. 今回の実験では, 3m 視力と 40cm 視力双方にて視力回復が確認できたため, 目のピント調節機能のリラクゼーションおよび回復に寄与し

たとえられる. 身体への影響としては, 表 1 の結果から実験中に不快感を訴える者はいなかった. このことから, VR 酔いは起きておらず, 目に過度な負担もかかっていないと考えられる. また, 実験後に視力の変化を自身で感じたかという問いに対しては, 10 人が「はい」, 残り 2 人が「いいえ」と回答していた. このことから, 実験後には視力の変化を実感する人が多いという結果となった. さらに, アンケートの自由記述欄から, 実験方法について改善点や要望等の指摘があったため, 改良の余地があるといえる.

7. おわりに

本研究では, 提示映像の合焦位置をレンズの組み合わせにより映像内容と連動させる装置を試作し, 20 代男女 12 人を対象に実験を行った. その結果, 3m 視力では 3 人, 40cm 視力では 7 人の視力回復が確認でき, ピント調節機能の回復に寄与した可能性が示唆された. 今回は右目でのみ実験を行ったため, 今後は実験結果とアンケート結果をもとに, 装置の改良や実験方法を見直した上で, 両目での実験を行い, 将来的には VR Headset への実装を目指す.

参考文献

- [1] Yihua, B. et al.: Experiment Report on the Impact of Long-Term Use of Virtual Reality (VR) Head-Mounted Displays on the Vision of Pre-teen Users, Technical report, Advanced Innovation Center for Future Visual Entertainment in Beijing, Beijing Institute of Technology, Beijing Blue Focus E-Commerce Co., Ltd. (2017).
- [2] M. Rikimaru, R. Miyazaki, A. Yamakita, O. Matsumura, and H. Maehara: "Preliminary experiment of vision recovery using VR application with a goggle", The 78th Joint Conference of Electrical, Electronics and Information Engineers in Kyushu, International Session (2) Computer Science and Information Technologies (2025).
- [3] 河盛真大, 井村誠孝: 視力回復を目的とした VR ゲームの若年層に対する効果の検証; 情報処理学会インタラクティブ 2025 論文集, pp.1232-1237 (2025.2)
- [4] Learn about Meta Quest 2 |Quest ヘルプ|Meta ストア (オンライン), 入手先
<<https://www.meta.com/ja-jp/help/quest/930077757778362/>> (参照 2025-12-07).
- [5] 絵画空間と遠近法|デッサンの描き方と基礎技法 (オンライン), 入手先
<<https://dessin.art-map.net/technique/pictorial-space/>> (参照 2025-12-07).
- [6] 目の仕組みとはたらき|AJOC (オンライン), 入手先
<<https://ajoc.or.jp/how-it-works/>> (参照 2025-12-07).
- [7] 超回復とは? 筋肉が成長しない人が知っておくべき基礎知識 |ウェルネスクラブ株式会社 (オンライン), 入手先
<<https://wellnessclub.jp/column/2025-10-28-629/>> (参照 2025-12-07).
- [8] Almirun (アイミルン) -おうちでかんたん見え方チェック|ロート製薬: 商品情報サイト (オンライン), 入手先
<<https://jp.rohto.com/learn-more/eyecare/aimirun/>> (参照 2025-12-07).